
Spécificité de la problématisation scientifique : le travail d'abstraction et de généralisation

Christian Orange



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/3751>

DOI : 10.4000/ree.3751

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Christian Orange, « Spécificité de la problématisation scientifique : le travail d'abstraction et de généralisation », *Recherches en éducation* [En ligne], 3 | 2007, mis en ligne le 01 mars 2007, consulté le 05 mai 2021. URL : <http://journals.openedition.org/ree/3751> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.3751>



Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Spécificité de la problématisation scientifique : le travail d'abstraction et de généralisation

Christian Orange¹

Résumé

Dans notre souci de comprendre la problématisation scientifique, et en prolongement de la présentation au symposium « Probléma » de Chicoutimi, nous explorons ici une caractéristique fondamentale des problématisations théoriques (en sciences) : le travail de généralisation qu'elles permettent et ce que l'on peut appeler leur abstraktivité. Nous montrons que cette caractéristique est liée à la mise en jeu de principes qui fondent les domaines de savoirs et organisent leurs méthodes. Il s'agit là d'une étude en cours. C'est donc un document de travail qui mériterait un peu partout des explicitations que je ne suis pas encore tout à fait en mesure de fournir. D'où également une bibliographie restreinte essentiellement à nos travaux antérieurs, où on trouvera des références plus larges correspondant à nos références théoriques, épistémologiques et didactiques.

Nous avons, dans des communications précédentes au sein du groupe « Problema », tenté de caractériser la problématisation scientifique. D'une part elle peut être décrite par la mise en tension² de deux registres : registre des modèles et registre empirique (colloque « Probléma » de Nantes en 2004) ; mais cette caractéristique n'est pas spécifique de la problématisation scientifique (colloque de Chicoutimi, Orange 2005b).

On peut également mettre en avant une différence importante, une sorte de renversement, entre les problématisations théoriques et ce que l'on peut nommer les problématisations techniques (Orange, 2005a, 2005c) : les conditions n'y sont plus un moyen d'atteindre la solution, mais au contraire les solutions des moyens pour construire les conditions.

Dans cette communication nous souhaitons étudier une autre caractéristique des problématisations théoriques (en sciences) : le travail de généralisation qu'elles permettent et ce que l'on peut appeler leur abstraktivité, c'est-à-dire ce qui fait qu'elles dépassent les cas sur lesquels elles sont construites.

Pour cela nous prendrons l'exemple de deux recherches scientifiques, que nous avons déjà travaillées dans une autre perspective au REF 2005 de Montpellier (Orange, 2005c) : le travail de Claude Bernard sur la fonction glycogénique du foie (1843-1848) ; le travail de Christian Chopin sur le métamorphisme haute pression dans les Alpes (1980-1995).

Cela va nous permettre de dégager quelques conditions de possibilité de l'abstraktivité des problématisations scientifiques que nous pourrions utiliser pour discuter, sur un cas, la question de la problématisation scientifique en classe.

¹ IUFM des Pays de la Loire, CREN (Université de Nantes).

² Nous parlons de mise en tension pour désigner une mise en relation qui ne va pas de soi et qui est à l'origine même des problèmes à construire.

1. Généralisation et abstraction dans les travaux de Bernard sur la fonction glycogénique du foie (1843-1848)

Au début de ses travaux sur le devenir du sucre dans l'organisme, Bernard pense, comme l'ensemble des biologistes de son époque, que l'organisme animal détruit le sucre et ne peut pas en produire, contrairement aux organismes végétaux. Il s'agit donc pour lui de déterminer le (ou les)

organe(s) responsable(s) de cette destruction ; les poumons et le foie sont parmi les candidats possibles. En dosant, au cours de nombreuses expériences, le sucre dans le sang prélevé dans différentes parties de l'organisme (veine jugulaire, carotide, veine porte hépatique, aorte, etc.), sur les animaux vivants ou fraîchement sacrifiés, certains nourris avec des glucides, d'autres à jeun ou nourris uniquement de viande, Bernard n'arrive pas à déterminer où le sucre est détruit. Il ne peut concilier les résultats de ses mesures avec l'idée d'un organisme animal destructeur de sucre : « *C'est à n'y rien comprendre* » écrit-il dans un cahier d'expérience en 1848. Après plusieurs mois de blocage et d'expériences qui n'apportent rien (Grmek, 1997, p.229), il change de point de vue : du glucose est formé dans l'organisme animal. Cela le conduit, bien entendu, à reconstruire totalement le problème ; les expériences anciennes et nouvelles prennent sens : il peut « *conclure que le sucre se forme dans le foie, et que cet organe est en même temps le siège et l'origine de la matière sucrée chez les animaux* », comme il l'écrit dans un article fin 1848 (cité par Grmek, 1997, p.247).

Dans cet exemple on voit le problème de la place du sucre dans la physiologie animale travaillé et reconstruit. Cette problématisation conduit à la détermination d'une nécessité importante : celle d'une production de sucre dans l'organisme, alors qu'elle n'était aucunement envisagée au départ. Au travail de ce problème explicatif (c'est-à-dire visant la production d'une explication scientifique) et à cette nécessité, est intimement liée la construction d'un savoir théorique que résume l'expression : « fonction glycogénique du foie ». On retrouve là les relations étroites que nous avons étudiées par ailleurs (Orange 2003b, 2005a) entre la problématisation, considérée comme exploration et délimitation du champ des possibles, et les savoirs scientifiques.

Comment ces expériences permettent-elles à Bernard de construire le concept généralisant de « fonction glycogénique du foie » ? Bien sûr, l'idée que le foie produit du glucose est portée par la cohérence qu'elle donne aux résultats empiriques. Mais cela ne suffit pas à dire l'importance de cette problématisation, ni la généralisation et l'abstraction qui en résultent. Pourquoi ne vaudrait-elle pas que pour les chiens, par exemple, puisque ce sont ces animaux qui ont servi de support à la plupart des expérimentations ? Ce qui donne toute sa signification à cette problématisation, c'est qu'elle s'accorde avec un principe quasi métaphysique qui va devenir central dans le travail de Bernard : celui de l'unité de la physiologie. La nécessité de la production de sucre par l'organisme animal est non seulement cohérente avec le résultat des expériences conduites, mais c'est surtout une position théorique fondamentale dans une vision de la biologie qui rend semblable la physiologie animale et la physiologie végétale : maintenant, dans ces deux physiologies, il y a à la fois construction et destruction de substances. Le principe d'unité de la physiologie organise ainsi et généralise cette production de sucre : ce n'est pas seulement la production de sucre par le foie de ces chiens qui est en jeu, mais le fait que, y compris chez les animaux, des organes produisent des substances organiques. Un tel principe oriente donc et en même temps délimite le champ des possibles de ce domaine scientifique en construction.

A côté de ce principe métaphysique, un autre principe intervient dans la problématisation et l'abstraction qu'elle développe. C'est le principe de téléonomie qui conduit à considérer qu'un organisme a un « projet »³ et qu'il peut être étudié en termes de fonctions. Ce principe, que nous pouvons qualifier de méthodologico-théorique, place la fonction glycogénique du foie au sein des fonctions de nutrition, ce qui donne des repères pour distinguer, lors de la construction des

³ Il ne faut pas confondre ce principe téléonomique avec l'idéologie du « dessein intelligent ». Plus exactement, le principe téléologique n'a pas besoin d'un créateur ou d'un organisateur ; on peut le considérer comme la projection de l'histoire évolutionniste de la vie sur la biologie fonctionnaliste. A ce sujet, voir Monod (1970), qui ne peut être soupçonné d'être un apôtre du « dessein intelligent ».

problèmes, l'essentiel et l'accessoire : est essentiel ce qui concourt à la fonction. Il justifie également la convocation des savoirs théoriques sur la circulation aussi bien dans les expérimentations que dans les théorisations.

Ces deux principes (unicité et téléonomie) conduiront Bernard à prolonger ce travail sur la fonction glycogénique par l'invention du glycogène et à articuler le tout au sein du concept de milieu intérieur (Orange, 2003c).

2. Généralisation et abstraction dans les travaux de Christian Chopin sur le métamorphisme alpin de haute pression

Nous avons étudié le travail de ce chercheur à partir de ses publications et d'un long entretien qu'il nous a accordé dans son laboratoire en 1997 (Orange, 2002). Les recherches de Christian Chopin portent sur le métamorphisme très haute pression des massifs cristallins internes des Alpes. On

peut dire globalement qu'il s'agit d'étudier l'histoire des roches de ces massifs et d'y chercher des indications sur l'histoire des Alpes d'une part et sur le fonctionnement du métamorphisme haute pression d'autre part.

Les références empiriques sont de deux types : des données de terrain (roches, lames minces dont on peut analyser la composition, la texture ; que l'on peut dater, etc.) et des données de laboratoire expérimental (expériences de synthèse et de stabilité des minéraux en fonction des conditions de pression et de température). Ces données empiriques sont mises en concordance avec des références théoriques qui appartiennent aussi bien à la chimie des milieux solides qu'à la géologie historique et à la tectonique globale.

Pour comprendre l'histoire des massifs internes, le géologue tente d'identifier dans les roches des minéraux ou des associations de minéraux donnant des indications, par leur domaine de stabilité, sur les conditions (pression/température) que ces roches ont subies dans le passé ; l'idée étant que ces conditions, en particulier la pression, traduisent essentiellement leur enfouissement d'alors (profondeur). Voilà comment Chopin explique sa recherche.

« Un géologue non averti traverserait cette région sans rien remarquer de très spectaculaire, mais quand on regarde au microscope certaines roches, il y a des minéraux, des textures qui sont tout à fait inhabituelles (...) Moi ce que je trouve amusant et excitant (...) c'est d'aller chercher sur le terrain les roches qui vont parler, livrer de l'information en termes de hautes pressions, qui vont raconter une partie de cette histoire des plus grandes profondeurs et des plus hautes pressions ».

« L'argument qui a été décisif c'est la présence dans ces roches d'un polymorphe de la silice, une autre forme que le quartz (...) qui n'était connue que dans des cratères d'impact de météorite, dans quelques enclaves de kimberlite, donc des roches [ayant subi de très fortes pressions]. Cela multipliait par deux ou trois la pression, enfin l'enfouissement, qu'on imaginait possible pour la croûte continentale. »

Voilà, en résumé, la problématique générale du travail de Chopin. Elle conduit à la nécessité d'un enfouissement très important dans le passé de cette région, lié à un mouvement de plaques. Pourtant, pour un non spécialiste de ce domaine de la géologie, cela pose quelques questions.

- Ces roches sont aujourd'hui recueillies en surface, donc dans des conditions de pression et de température proches des conditions normales ; pourquoi y trouve-t-on des minéraux ou des associations de minéraux qui ne sont stables qu'à des pressions bien supérieures ? Comment est-ce possible ?

- En fait toutes les roches d'un lieu donné ne présentent pas des associations de haute pression, alors que leur composition globale est semblable ; pourquoi ? Quelle est alors la signification de ces conditions dont seules certaines roches gardent trace ? Cela pourrait-il être dû à un phénomène local (intrusion localisée de roches venant de profondeurs, par exemple) ou cela a-t-il une signification régionale ?

Comme dans le cas de Claude Bernard, nous devons nous demander comment une recherche portant sur un nombre relativement limité de roches de la région conduit à une nécessité d'ordre régional et à replacer l'histoire des Alpes dans une tectonique globale. Dans ce domaine scientifique également on trouve des principes qui l'instituent.

Il y a d'abord le principe général de l'actualisme (Orange Ravachol D., 2003), fondamental en géologie historique. Il limite les explications possibles des traces du passé aux phénomènes existant actuellement sur Terre : sont ainsi *a priori* rejetées les explications qui mobiliseraient des catastrophes extraordinaires, ou des processus n'ayant pas un équivalent dans la nature d'aujourd'hui. C'est l'application de ce principe qui permet d'une part d'appliquer les diagrammes de stabilité des associations minérales établies en laboratoires à ces associations « fossiles », et d'autre part de considérer les températures et pressions anciennes ainsi repérées comme des effets d'un enfouissement.

Le phénomène passé ainsi reconstitué (métamorphisme) est donc régional et le recours, via encore l'actualisme, à la tectonique actuelle, permet de penser l'histoire de la région en termes d'enfoncement d'une plaque sous l'autre, donc de le replacer dans une problématique planétaire, géologique.

Le fait que seules certaines roches ont gardé les associations minérales d'un équilibre passé est alors considéré comme un épiphénomène qui est expliqué par la chimie en milieu solide.

3. Discussion

Sur les deux exemples que nous venons de présenter, il apparaît que le travail d'abstraction et de généralisation n'est possible que grâce à des principes qui ont une double face.

- Ce sont des principes métaphysiques, c'est-à-dire qui sont posés *a priori* et sont fondamentaux ; ce sont des sortes de postulats (unité de la physiologie, téléonomie, actualisme).
- Mais le côté métaphysique et *a priori* de ces principes ne doit pas les faire apparaître comme non scientifiques. Ce sont en même temps des principes méthodologiques qui instituent ces domaines scientifiques et indiquent ce qui peut s'y faire ou non.

Ces principes ouvrent et délimitent le champ des possibles dans le domaine en question. En empêchant que tout soit recevable, ils permettent la construction de nécessités. Ils permettent également de distinguer les questions essentielles des questions accessoires et indiquent les constructions empiriques et théoriques recevables ou pertinentes. Ils fournissent ainsi des repères pour une exploration plus ou moins systématique des possibles et donnent donc un certain caractère de généralité et d'abstraction aux nécessités construites.

Revenons maintenant à une autre caractéristique des problématisations scientifiques que nous avons présentée par ailleurs : le fait que, contrairement à ce qui se passe dans les problématisations techniques, les nécessités ne sont pas un moyen pour accéder à la solution mais que, par une sorte de renversement, les solutions possibles deviennent des moyens d'accéder aux nécessités qui donnent aux savoirs construits leur apodicticité. Ce renversement n'est pertinent que grâce au travail d'abstraction et de généralisation que représente la

problématisation scientifique, donc grâce aux principes fondateurs des domaines de rationalité. En effet, si les nécessités sont si importantes au regard des solutions, c'est qu'elles dépassent les solutions car elles sont plus abstraites et plus générales qu'elles.

Prenons maintenant le cas d'une problématisation didactique. Par exemple celle que nous avons présentée l'an dernier à Chicoutimi. Le problème auquel travaille cette classe (Orange, 2003a) peut se formuler ainsi : « *Comment ce que j'ai mangé peut-il me donner des forces ?* ». Des groupes ont produit des affiches qui proposent une explication ; un débat est organisé autour de ces affiches. Dans le débat, les échanges mettent en jeu et en relation deux types d'éléments :

- des idées explicatives : les aliments sont broyés dans l'estomac ; la bonne et la mauvaise nourriture sont séparées, etc.⁴ ;
- des références au vécu ou à des observations : nous mâchons les aliments que nous ingérons ; des excréments sortent de notre corps ; tout notre corps a de la force, etc.

Cette mise en relation d'un registre des modèles et d'un registre empirique est bien une des caractéristiques des problématisations en sciences de la nature que nous rappelions au début de ce texte.

Cette mise en relation conduit, au cours du débat, à des arguments visant à montrer l'impossibilité de telle solution ou la nécessité de tel processus : si toutes les parties du corps ont de la force, alors la nourriture doit aller partout (exemple d'argumentation au cours du débat : « *Ils ne montrent pas où ça va, parce que, dans les jambes aussi on a de la force... Il faut dessiner les tuyaux qui arrivent dans les jambes* ») ; si quelque chose ressort sous forme d'excréments alors ce ne peut pas être la même chose que ce qui va dans les muscles : il doit y avoir une séparation entre deux sortes de nourriture (« *Je trouve que c'est vrai ce que dit Steven, y a pas de tri ni rien. C'est comme si tout partait n'importe comment. Y avait des vitamines qui partaient avec des excréments.* »), etc.

Trois grands types de nécessités, c'est-à-dire trois conditions de possibilités d'un modèle explicatif de la nutrition, se discutent au cours du débat :

- une nécessité de distribution (quelque chose de la nourriture doit aller dans tout le corps) ;
- une nécessité de tri (ce n'est pas la même chose qui va dans les muscles et les excréments ; ce doit donc être séparé quelque part) ;
- une nécessité de transformation (pour aller dans tout le corps et pour être trié, les aliments doivent être transformés).

Dans notre cadre théorique, ces nécessités construites sont plus importantes que les solutions trouvées par les élèves et que celles, plus proches du savoir actuel, qu'ils construiront lors du travail qui suit dans la séquence. Une telle étude aboutit donc, par ces nécessités, à un savoir apodictique.

Reste une question : quel degré de généralité et d'abstraction ont, pour la classe, ces nécessités ? Si elles ont bien été construites par la mise en jeu de certains principes (distinction entre les bons et les mauvais aliments ; absence d'action à distance des aliments, etc.), ces principes n'ont pas été explicités et posés, mais uniquement utilisés « en acte » par les élèves. On ne peut donc pas leur donner une valeur autre que contextuelle, ce qui conduit à douter de la généralité et de l'abstraction des savoirs construits. Si on va plus loin, on peut même discuter la suprématie des nécessités travaillées sur les solutions : tout laisse à penser qu'elles n'ont qu'une valeur locale. Si le travail fait dans cette classe est « à la mode des problématisations scientifiques », il n'en est pas une.

⁴ Nous ne tenons pas compte ici de la valeur scientifique de ces idées.

On est donc devant le problème didactique suivant.

- Selon notre cadre théorique (celui de l'apprentissage scientifique par problématisation), les savoirs scientifiques auxquels les élèves doivent accéder sont des savoirs apodictiques.
- Cela donne tout son sens au travail de débat : il doit les aider à construire des raisons.
- Il y a bien, au cours des débats et à certaines conditions, problématisation ; c'est-à-dire que les élèves construisent des raisons qui délimitent le champ des possibles, comme l'ont montré un certain nombre de nos recherches.
- Mais cette problématisation n'est pas nécessairement une problématisation scientifique. Elle est souvent plus proche d'une problématisation technique. Que dire alors des savoirs ainsi construits et comment faire pour rendre plus théoriques ces problématisations scolaires ?

Bibliographie

GRMEK M. D. (1997), *Le legs de Claude Bernard*, Paris, Fayard.

MONOD J. (1970), *Le hasard et la nécessité*, Paris, Gallimard.

ORANGE C. (2002), « Culture scientifique et savoirs d'action », *XXIV^e journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Chamonix, (communication en plénière).

ORANGE C. (2003a), « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen », *ASTER*, n°37, pp. 83-107.

ORANGE C. (2003b), « Problématisation, savoirs et apprentissages scientifiques », REF, séminaire *Problématisation et formation*, Genève, septembre 2003.

ORANGE C. (2003c), « Un exemple de problématisation en biologie : Claude Bernard et le milieu intérieur », *Actes des troisièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, Toulouse, octobre 2003 (communication en plénière).

ORANGE C. (2005a), « Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation - Pour l'ère nouvelle*, n°38, 3, pp. 69-93.

ORANGE C. (2005b), « À quelles conditions peut-on parler de problématisation ? Quelques questions à partir de l'exemple des Sciences de la vie et de la Terre », Conférence introductive invitée du colloque *La problématisation dans l'apprentissage et la formation*, 73^e congrès de l'ACFAS, Chicoutimi, mai 2005.

ORANGE C. (2005c), « Problèmes, savoirs et problématisations : l'exemple des activités scientifiques, » REF, séminaire *Les situations de formation entre savoirs, problèmes et activités*, Montpellier, septembre 2005.

ORANGE RAVACHOL D. (2003), *Utilisations du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*, Thèse de doctorat, Université de Nantes.